

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 特許公報 (B2)

(11)特許番号

第2875125号

(45)発行日 平成11年(1999)3月24日

(24)登録日 平成11年(1999)1月14日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 3 F 1/08
H 0 1 L 21/027

識別記号

F I

G 0 3 F 1/08
H 0 1 L 21/30

C
5 0 2 P

請求項の数18(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-346686

(22)出願日 平成4年(1992)12月25日

(65)公開番号 特開平6-236020

(43)公開日 平成6年(1994)8月23日
審査請求日 平成7年(1995)10月26日

(73)特許権者 591138289

クレオ プロダクツ インコーポレイテッド
CREO PRODUCTS INCORPORATED
カナダ国, ブイ5ジイ 4エム1, ピイ. シイ. . バーナバイ, ギルモア ウエイ 110-3700

(72)発明者 ダニエル・ゲルバート

カナダ、ブイ・6・エム 3・ジェイ・9 パンクーパー・ピー・シー、マーガレット・ストリート、4987

(74)代理人 弁理士 深見 久郎 (外4名)

審査官 山鹿 勇次郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 うすいコーティングを有する平面基板上にデータパターンを記録するためのシステムであって、パルス化されたモードにおいて動作するレーザと、前記レーザによって照射される変形可能なミラーアレイ光変調器および前記データパターンを前記変調器にロードするための手段と、前記変調器の縮小された画像を前記基板上に形成する縮小レンズとを含み、前記縮小レンズは前記データパターンによって活性化された前記変形可能なミラーによって反射された光のみが前記縮小レンズに到達することを可能にする態様で前記変調器に対して位置決めされ、かつ前記変調器に入射する光は前記変調器を損傷することなく、かつ前記平面基板に入射する光はその上のコーティングを撮像するのに十分なパワー濃度を有するよう十

2

分、前記基板上の前記変調器の像を縮小し、前記基板と前記縮小レンズとの間に相対運動を発生するための手段と、前記変調器における前記データパターンおよび前記パルス化されたレーザの光パルスを前記相対運動に同期させるための手段とを含み、それは複数個の前記縮小された画像を組合せることによって、前記縮小された画像よりも大きな前記基板の一部分上に前記データパターンを記録するためのものであり、

10 前記平面基板に到達する前記レーザ光は前記平面基板上のうすいコーティングをアブレーションできる、システム。

【請求項2】 前記パルス化されたレーザがエキシマ導波レーザである、請求項1に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項3】 前記平面基板が半導体を製造するために使用されるレチクルである、請求項1に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項4】 前記平面基板が半導体の製造において使用されたシリコンウエーハである、請求項1に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項5】 前記記録が基板上に堆積された紫外線吸収染料の薄層のアブレーションによって行なわれ、かつ記録の後前記基板のさらなる処理は何も必要とされない、請求項1に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項6】 前記記録が前記基板上に堆積された紫外線吸収染料の薄層のアブレーションによって行なわれ、かつ前記記録されたデータが前記データの記録の後すぐに基板を介して通過された光の量を測定することによって実証される、請求項1に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項7】 前記記録が前記基板上に堆積された紫外線吸収染料の薄層のアブレーションによって行なわれ、かつ前記アブレーションが空気以外の気体の雰囲気において行なわれる、請求項1に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項8】 前記基板が少なくとも2つの薄層の材料で被覆され、前記層のうちの一方が基板を介して透過される光の位相をシフトするために使用され、一方で別の層が前記レーザによって記録されることが可能である不透明なマスクを形成し、かつ基板および前記層の組合せが移相マスクを形成する、請求項1に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項9】 前記基板が少なくとも2つの薄層の材料で被覆され、前記層の一方が基板を介して透過される光の位相をシフトするために使用され、一方で別の層が前記レーザによってアブレーションされることが可能である不透明なマスクを形成し、かつ前記層の組合せが前記データの記録の後基板を介して透過される光の量を測定することによって実証され得る移相マスクを形成する、請求項1に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項10】 うすいコーティングを有する平面基板上にデータパターンを記録するためのシステムであって、

パルス化されたモードにおいて動作するレーザと、前記レーザによって照射される変形可能なミラーアレイ光変調器および前記データパターンを前記変調器にロードするための手段と、

前記変調器の縮小された画像を前記基板上に形成する縮小レンズとを含み、前記縮小レンズは前記データパターンによって活性化された前記変形可能なミラーによって反射された光のみが前記縮小レンズに到達することを可能にする様で前記変調器に対して位置決めされ、かつ

前記変調器に入射する光は前記変調器を損傷することなく、かつ前記平面基板に入射する光はその上のコーティングを撮像するのに十分なパワー濃度を有するよう十分、前記基板上の前記変調器の像を縮小し、前記基板と前記縮小レンズとの間に相対運動を発生するための手段と、

前記基板上の各スポットに、そのスポットに対応するデータを多数回露光するために、前記レーザからのパルスおよび相対運動に同期して、データパターンを前記変調器にロードしかつシフトする手段とを含む、システム。

【請求項11】 前記パルス化されたレーザがエキシマ導波レーザである、請求項10に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項12】 前記平面基板が半導体を製造するために使用されるレチクルである、請求項10に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項13】 前記平面基板が半導体の製造において使用されたシリコンウエーハである、請求項10に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項14】 前記記録が基板上に堆積された紫外線吸収染料の薄層のアブレーションによって行なわれ、かつ記録の後前記基板のさらなる処理は何も必要とされない、請求項10に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項15】 前記記録が前記基板上に堆積された紫外線吸収染料の薄層のアブレーションによって行なわれ、かつ前記記録されたデータが前記データの記録の後すぐに基板を介して通過された光の量を測定することによって実証される、請求項10に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項16】 前記記録が前記基板上に堆積された紫外線吸収染料の薄層のアブレーションによって行なわれ、かつ前記アブレーションが空気以外の気体の雰囲気において行なわれる、請求項10に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項17】 前記基板が少なくとも2つの薄層の材料で被覆され、前記層のうちの一方が基板を介して透過される光の位相をシフトするために使用され、一方で別の層が前記レーザによって記録されることが可能である不透明なマスクを形成し、かつ基板および前記層の組合せが移相マスクを形成する、請求項10に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【請求項18】 前記基板が少なくとも2つの薄層の材料で被覆され、前記層の一方が基板を介して透過される光の位相をシフトするために使用され、一方で別の層が前記レーザによってアブレーションされることが可能である不透明なマスクを形成し、かつ前記層の組合せが前記データの記録の後基板を介して透過される光の量を測定することによって実証され得る移相マスクを形成す

る、請求項10に記載の平面基板上にデータパターンを記録するためのシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の背景】この発明は写真手段の発生に関し、かつより特定的には半導体産業において使用されるマスクおよびレチクルの発生に関する。

【0002】半導体産業における先行技術は写真手段を発生するために金属層の頂部上に堆積されたフォトレジストの層を露光させるために異なる方法を使用する。露光の後、フォトレジストは現像されかつ金属層をエッチングするためのマスクとして使用される（典型的には水晶上に堆積されたクロム）。現像工程が伴われるので、パターンは露光の際には検査され得ない。現像工程の第2の不利は複数ステップの工程を使用することによって引き起こされる欠陥の数の潜在的な増加である。写真製版のない写真手段を発生するための先行技術の試みは金属またはポリマ層のアブレーションを含む。これらの試みは完全には成功せず、なぜならエキシマレーザによってのみ発生された非常に短い波長がクリーンアブレーションのために必要とされるからである。エキシマレーザは低い繰返し速度を有し、それは高いデータ速度応用におけるそれらの使用を妨げた。液晶のような従来の光弁はエキシマレーザの短い波長を十分に通過しない。

【0003】

【発明の概要】この発明に従って、変形可能なミラー空間光変調器が導波型エキシマレーザとともに使用され、各レーザバルスで多数のデータビットを記録する。変形可能なミラー光変調器はテキサス・インスツルメンツ・インコーポレーテッド（Texas Instruments Inc.）（テキサス）によって製造された装置であり、かつその動作原理は米国特許第4,441,791号によって含まれる。その動作の詳細な説明はL. J. ホーンベック（Hornbeck）による「変形可能なミラー空間光変調器（Deformable-Mirror Spatial Light Modulators）」（1989年SPIEの議事録第1150巻）の論文において与えられる。この装置に関するさらなる詳細な何もここに与えられないであろう。変形可能なミラーアレイは約100対1の典型的な縮小率でポリマ被覆された水晶基板上に像を描かれる。大きな縮小率に起因して、変形可能なミラー上のエネルギー密度はポリマにおけるものより何千倍も低く、こうしてポリマはミラーに対する損害なしにアブレーションされ（ablate）得る。アブレーションの副産物としての固体廃棄物（主として炭素）を避けるために、アブレーションは不活性ガス（燃焼を防ぐために）の雰囲気かまたは酸素雰囲気（固体廃棄物の燃焼を完了させるために）においてなされる。2レベルのポリマ被覆が移相マスクを発生するために使用され得る。この発明の目的は、半

導体産業のためのマスクおよびレチクルのような写真手段を発生するための速いかつ写真製版のない方法を提供することである。この発明のさらなる目的は写真手段をそれが、書込まれたデータと写真手段の透過とを比較することによって発生されているのと同時に実証することである。この発明の別の目的は位相シフトマスクを発生しつつ実証することである。この発明のさらに別の目的は写真手段発生およびフォトレジストの上に直接像を描く（すなわちシリコンウエーハ上への直接書き込み）ことの双方に適する装置を有することである。

【0004】この発明のこれらのおよび他の目的は図面に関連して行なわれる以下の説明で明らかになるであろう。

【0005】

【発明の説明】図1を参照すると、2次元的な変形可能なミラーの空間光変調器1がエキシマレーザ3によって発生されかつミラー4によって変調器1上へと向けられる光2のパルス化されたビームによって照射される。1における変形可能なミラーが活性化されないとき、光ビーム2は光ビーム5として吸収器（absorber）6へと反射される。活性化されたミラーはレンズ8へと向けられたビーム7を形成する。レンズ8は活性されたミラーの画像10を被覆された基板9上に形成する。基板9は精密段11によって一方方向に移動され、かつ精密段12によって他方向へと移動される。段11の位置は干渉計13によって測定され、かつ干渉計13によって与えられた情報はエキシマレーザ3からの光パルスと変調器1内へとロードするデータの双方を同期させるために使用される。精密段11、12および干渉計13の詳細はここに示されることは必要とされず、なぜならこの型のX-Y段は半導体産業において共通の実践だからである。産業上の実践と精密段の領域におけるこの発明との間の唯一の差異は、干渉計13は段11の位置を制御するためには使用されず、それを測定しつつ段11の一時的な位置に基づいてタイミング情報を発生するためのみ使用されるという事実である。このことは段11の位置を制御しようとするよりもより容易でかつより正確である。

【0006】写真手段は2つの異なる方法において基板9から発生され得る。第1のものは水晶／クロム／フォトレジスト構造を使用し、フォトレジストを露光させかつそれをマスクとして使用してクロムをエッチングする従来の方法である。フォトレジスト被覆されたシリコンウエーハ上に書きを行なうためにこの発明を利用すると同じ方法が使用される。第2の方法は、たとえば約1ミクロンの厚みのポリイミドを使用して薄いポリマ層で水晶基板を被覆することからなる。この層はエキシマレーザによってアブレーションされ得、かついかなるさらなる処理も必要とせずに写真手段を形成する。アブレーションの副産物として固体廃棄物の形成を妨げるため

に、プロセスガス15がノズル14によってアブレーション領域を介して供給される。プロセスガスは不活性ガスかまたは酸化ガスであり得る。例としてエキシマレーザ3は308nmで動作するXeCl導波レーザである。そのレーザはポトマック・フォトニクス・インコーポレーテッド(Potomac Photonics Inc.) (ランハム((Lanham)、MD)によって作られ、かつ1,000Hzの繰返し速度でパルスごとに100マイクロジュールまで発生する。17マイクロンピッチ上で1,000×1,000のエレメントを有する(これらの数字はテキサス・インスツルメンツ・インコーポレーテッドによって作られた変調器に典型的なものである)変形可能なミラー変調器1と85Xの縮小レンズとを使用することによって、露光された画像10における各々の画素は0.2×0.2マイクロンである。画像の大きさは200×200マイクロンである。画像10のエネルギー密度は0.1mJ/0.02×0.02cm²=0.255J/cm²と等しく、それはアブレーションのためには十分である。変調器上のエネルギー密度は(85)²=7225よりも少ないファクタであって、それは十分に低いので変調器に損害を与えない。写真手段がg-ラインおよびi-ラインのステッパのような他の波長のために使用されるとき、特定波長でのポリイミドの光学密度はUV吸収染料の付加によって増加され得る。

【0007】完成された写真手段がエキシマレーザステッパにおいて使用されるとき、さらなるアブレーションが排除される。というのはステッパにおける典型的な縮小率が5Xであり、従って写真手段上のエネルギー密度がウエーハ上のエネルギー密度の25倍低いファクタとなるからである。

【0008】導波エキシマレーザのビーム断面が均一でなくかつ少なくとも1方向においてガウスとなる傾向があるため、何らかの形のビームプロファイル修正が均一な露光を達成するために必要とされる。さて図2を参照すると、オーバラップ方法が示され、ここでは各々の点が4回露光される。これによって、図3に概略的に示される露光状態から明らかにガウス分布および台形分布したビームを用いて非常に均一な露光ができる。複数の露光の別の利点は、エキシマレーザのアブレーションが非線形工程であり、かつ光の第1のパルスがその後のパルスよりも少ない材料を除去する傾向にあるという事実から起くる。図3において示される露光方法を実現するために、データは基板9の進行方向に対向する方向で変調器1においてシフトされなければならない。データシフトは以下のように基板9の動きへ同期される。さて図1および図2をともに参照し、先に数字で表わされた例である200×200マイクロンの領域を形成するために85Xの比率で縮小して像を描かれた1,000×1,000の画素変調器の使用することによって、新し

い露光パルスが基板9の進行の100マイクロンごとに発生されなければならない。露光のシーケンスは図2に示される。干渉計13は100マイクロンごとにパルスを発生する。このパルスはレーザ3を引き起こし光の非常に短い(典型的には100ns未満の)パルスを放出し、かつ変調器へのデータのローディング工程を開始させる。レーザ3が一秒につき約1,000パルスで動作するので、変調器へのデータ速度は約1Gビット/秒である。効果的な書き速度は250Mビット/秒であり、それは各々のビットが4回露光されるからである。レーザのより大きな変調器およびより速い繰返し速度のために、1Gビット/秒を超える効果的な書き速度が可能である。基板9に対する進行の速度は1msにつき100マイクロンかまたは100mm/秒である。各々の走査の終わりに(典型的には200mmまたは2秒)、ポジショナー12は直交方向に100マイクロン移動する。各々の露光パルスの後、データは図2に示されるように変調器においてシフトされる。図2における文字A、B、Cなどは変調器内へとロードされたデータパターンを記号で示す。

【0009】写真手段の構造は図4に示される。典型的に3mmないし6mmの厚みを有する水晶基板9は約1マイクロンのポリイミド16で被覆される。ポリイミドは有機染料を含み、g-ラインまたはi-ラインのような特定の波長でその光学的密度を増加し得る。より高いアブレーションのしきい値を有するポリマからなるオーバコート19はエキシマレーザステッパにおいて使用されるとき損害しきい値を増加させるために与えられ得る。オーバコート19の厚みは1マイクロンの分数、典型的には0.1マイクロンないし0.2マイクロンである。アブレーション工程は水晶基板が露光されるときに自己限定的である。

【0010】ステッパにおいて使用されるときに解像度を増加するために、「レベンソン型移相マスク(Levenson type phase shift mask)」として知られるマスクの型もまたこの発明を使用して製造され得る。このマスクにおいて、交互の明らかな特徴はそれらに与えられた180°の光学的移相を有する。例として、i-ラインステッパに適しつつこの発明と一致する移相マスクが図5において示される。水晶基板9はポジ形フォトレジスト20の層で被覆される。層20の厚みはi-ライン波長でちょうど180°の移相を与えると計算される。層20の頂部上で、約1マイクロンのポリイミド16の層が堆積される。ポリイミドのポジ形フォトレジストの異なるアブレーション比率を使用しつつ複数の露光を使用することによって、パターンは交互の特徴が水晶にまで切断されることである一方で、他の特徴は頂部層においてのみ切断されることであるような方法において切断され得る。完成されたマスクは図5において断面で示される。完成の後、マスク全

体が水銀アーチランプから強い i-ライン照射に露光される。このことはポジ形レジストが i-ラインに対して透光性を有するようになることを引き起す。例として、アーチランプへの5分間の投光露光は移相層が i-ライン波長に9.9%の透光性を有するようになることを引き起すであろう。不透明層 16 は i-ラインによって影響されない。

【0011】この発明で可能な付加的な特徴は発生されている写真手段の実証である。この工程は図4において概略的に示される。レンズ17は電荷結合デバイス(CCD)アレイ18上に、現在像が描かれた領域の完成された部分を描く。図2の例を使用して、完成された部分は第4の露光を受ける部分である。この部分は露光された領域の4分の1を形成する。現在の露光の 250×250 画素の完成された部分を画像で描くために 250×250 エレメント CCD アレイを使用することによって、高い解像度がデータの実証および欠陥の検出のために得られる。この動作は光学データ記憶装置において広く使用されかつ「書込後読出」として知られる。データの取扱いのさらなる詳細は与えられない。CCDのアナログ出力は比較器21によってブリーゼット基準22と比較されかつ2進データへと変えられる。このデータは変調器へとロードされたデータと比較され書込パターンのために欠陥マップを発生する。

【0012】しきい値22をこの写真手段で使用されるべきフォトレジストの(たとえばこの写真手段によってステッパーにおいて露光されるときシリコンウェハ上で使用されるフォトレジスト)のしきい値を表わすレベルに設定することによって、マスクの性能は迅速に評価され得る。このことは移相マスクに対して特に重要であり、それはそれらの性能が予想しにくいものであるからであ*

*る。もし図4におけるレンズ17がステッパーにおいて使用されるレンズと類似の性能を有すると、比較器21から出力されるデータはステッパーにおけるこのマスクの性能の信頼できる表示を与えるであろう。マスク性能の実証のために、量子化によって引き起されるエラーを最小限にするために CCD 18 の解像度は変調器よりも高くななければならない。たとえば、 $1,000 \times 1,000$ のエレメントの CCD が 250×250 ピットの結像の先の例において使用され得る。

10 【0013】この発明のこれらのおよび他の目的は添付の図面と関連して以下の説明において明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】好ましい実施例の概略図である。

【図2】露光の均一性を増加させるために使用される書き画像をオーバラップする方法を示す図である。

【図3】オーバラップされた露光方法によって達成された露光の均一性の増加を示すグラフの図である。

【図4】検査原理をも示す写真手段の断面図である。

20 【図5】移相マスクを作るときの写真手段の断面図を示す図である。

【符号の説明】

1 ミラー空間光変調器

4 ミラー

5 光ビーム

8 レンズ

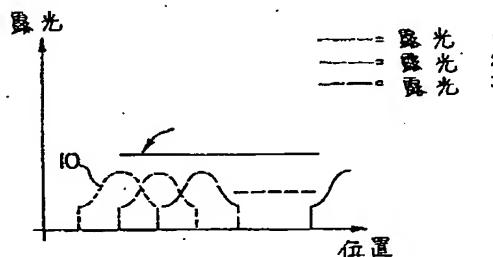
9 基板

10 画像

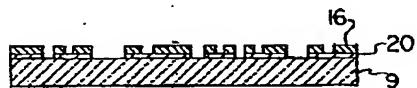
13 干渉計

30 14 ノズル

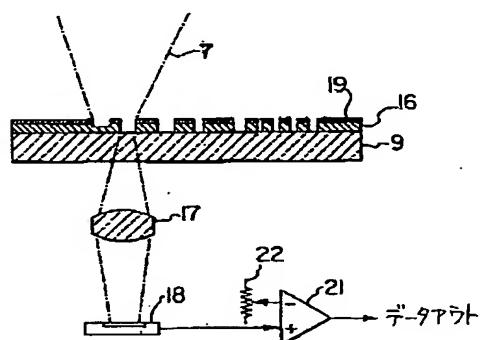
【図3】



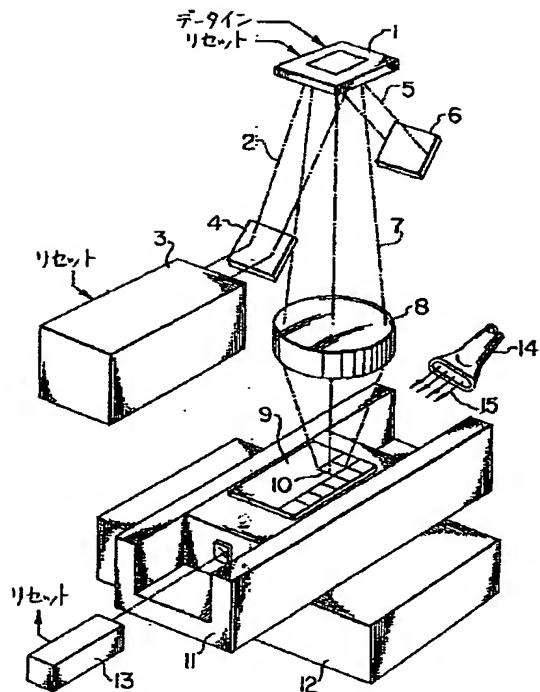
【図5】



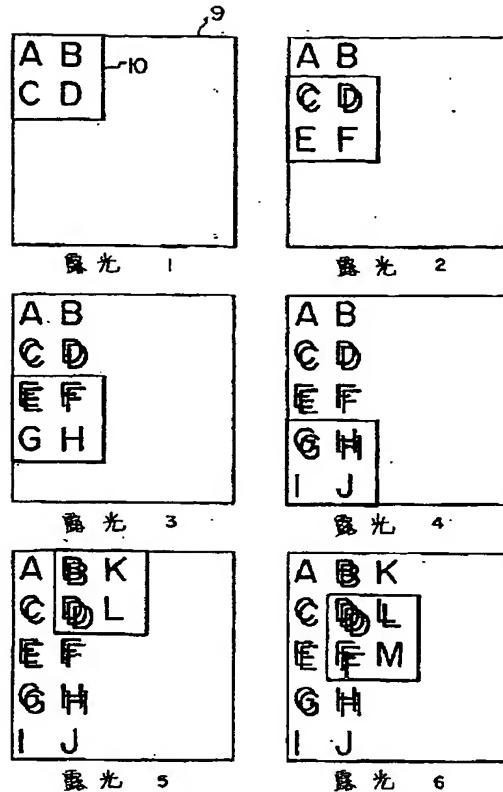
【図4】



【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 アモス・ミシェルソン

カナダ、ブイ・6・エヌ 2・ジェイ・
3 バンクーバー・ビー・シー、ダブリ
ュ・サーティフォース・アベニュー、2697

(56)参考文献 特開 平6-95257 (JP, A)
特表 平5-502141 (JP, A)
特表 平6-510632 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.®, DB名)

G03F 1/00 - 1/16